

Method for controlling machine tools

Publication number: DE4326988

Publication date: 1995-02-23

Inventor: LUDWIG HARTMUT (DE); SCHMITT REGINA (DE)

Applicant: SIEMENS AG (DE)

Classification:

- International: G05B19/408; G06F7/548; G05B19/408; G06F7/48;
(IPC1-7): G05B19/402; G06F7/548

- european: G05B19/408A; G06F7/548

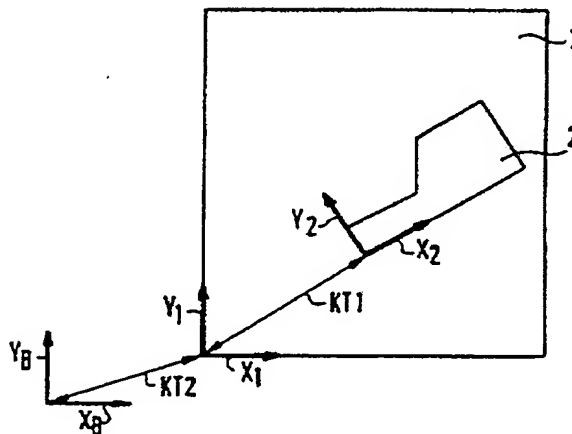
Application number: DE19934326988 19930811

Priority number(s): DE19934326988 19930811

[Report a data error here](#)

Abstract of DE4326988

To control the travel movements of machine tools, the travel instructions given to one or more workpiece coordinate systems are converted into the machine coordinate system by means of coordinate transformation. The invention is used in numerically controlled machine tools.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide



①⑨ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

①⑫ Offenlegungsschrift
①⑩ DE 43 26 988 A 1

⑤① Int. Cl.⁸:
G 05 B 19/402
G 06 F 7/548

②① Aktenzeichen: P 43 26 988.5
②② Anmeldetag: 11. 8. 93
②③ Offenlegungstag: 23. 2. 95

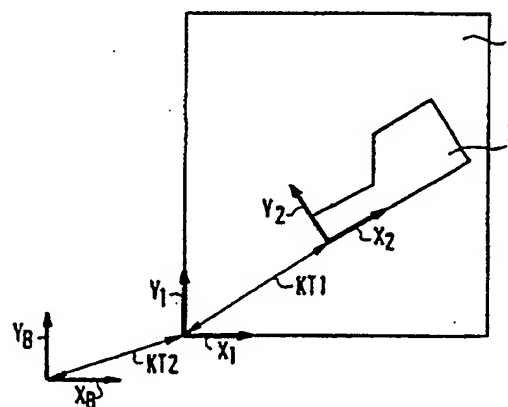
DE 43 26 988 A 1

⑦① Anmelder:
Siemens AG, 80333 München, DE

⑦② Erfinder:
Ludwig, Hartmut, 91475 Lonnerstadt, DE; Schmitt,
Regina, 91056 Erlangen, DE

⑤④ Verfahren zur Steuerung von Werkzeugmaschinen

⑤⑦ Zum Steuern der Verfahrbewegungen von Werkzeugmaschinen werden die die einem oder mehreren Werkstück-Koordinatensystemen angegebenen Verfahrenswisungen in das Maschinen-Koordinatensystem durch Koordinaten-Transformation umgesetzt.
Die Erfindung wird in numerisch gesteuerte Werkzeugmaschinen eingesetzt.



DE 43 26 988 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 12. 94 408 068/38

8/30

DE 43 26 988 A1

1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Steuerung von Werkzeugmaschinen aufgrund von programmierten Verfahr-Anweisungen.

Numerische Steuerungen sollen die Funktionen Verschiebung, Drehung, Maßstabsfaktor, Spiegelung und beliebige Kombinationen davon beherrschen. Aus der Programmieranleitung SINUMERIC 880, Stand 5.91 sind solche Funktionen bekannt, allerdings nur in beschränkter Anzahl, Reihenfolge und Kombination.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Steuerung von Werkzeugmaschinen anzugeben, das eine einfache anwenderfreundliche Programmierung gestattet.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe mit den im Anspruch 1 angegebenen Maßnahmen gelöst.

Das neue Verfahren gestattet, Konturenverläufe bzw. die Verfahrbewegungen der Werkzeugmaschine relativ zum Werkstück unabhängig von der späteren tatsächlichen Lage in der Maschine zu programmieren. Die Koordinaten-Transformation paßt die in einem auf das Werkstück bezogenen Koordinatensystem programmierte Kontur an das Maschinen-Koordinatensystem an. Die Koordinatensysteme sind zweckmäßig kartesisch. Prinzipiell ist jede beliebige Transformation möglich. Im allgemeinen werden jedoch nur lineare Transformationen angewandt, und zwar vorteilhaft Verschiebung, Verdrehung, Spiegelung und Maßstabsfaktor, wobei der Maßstabsfaktor für die einzelnen Achsen unterschiedlich sein kann. Die einzelnen Transformationen können in beliebiger Kombination und Anzahl angewandt werden.

Die einzelnen Koordinatensysteme bzw. die Koordinaten-Transformationen können gesondert gespeichert und verändert werden. In den sogenannten Teilprogrammen wird dann lediglich der Koordinatensystemwechsel angegeben. Damit kann ein eingestelltes Koordinatensystem über mehrere unterschiedliche Teilprogramme Gültigkeit besitzen, und es kann ferner durch Ändern des Koordinatensystems bei mehrmaligem Abarbeiten von ein und demselben Teilprogramm bei jedem Programmdurchlauf sich anders auswirken. Es kann aber auch das Koordinatensystem unmittelbar im Teilprogramm angegeben sein, so daß es nur für dieses Teilprogramm Gültigkeit hat und nach Programmende verlorengeht.

Anhand der Zeichnungen werden im folgenden die Erfindung sowie Weiterbildungen und Ergänzungen näher beschrieben und erläutert.

Fig. 1 veranschaulicht das neue Verfahren.

In den Fig. 2 bis 5 sind Anwendungsbeispiele dargestellt.

In den Fig. 6 und 7 ist die Wirkung der Funktionen Drehung und anisotrope Maßstabsänderung verdeutlicht.

In Fig. 1 ist mit 1 ein Werkstück bezeichnet, an dem eine Teilkontur 2 mit einer numerisch gesteuerten Werkzeugmaschine bearbeitet werden soll. Dem Werkstück ist ein erstes kartesisches Koordinatensystem, das Bezugs-Werkstück-Koordinatensystem mit den Koordinaten X_1, Y_1 (die Z-Achse ist der Übersichtlichkeit halber nicht dargestellt) der Teilkontur 2 ist ein aktuelles Werkstück-Koordinatensystem X_2, Y_2 zugeordnet. Dieses ist so gelegt, daß die Teilkontur einfach beschrieben werden kann. Die Beziehung zum Bezugs-Werkstück-Koordinatensystem X_1, Y_1 ist durch eine Koordinaten-Transformation KT1 gegeben. Nach Erstellung

2

des Teilprogramms wird die Teilkontur 2 an die Maschine angepaßt, deren Achsen ein Basis-Koordinatensystem mit den Koordinaten X_B, Y_B aufspannen. Hierzu wird die Lage des eingespannten Werkstücks, d. h. die Lage des Bezugs-Werkstück-Koordinatensystems X_1, Y_1 bezüglich des Maschinen-Koordinatensystems X_B, Y_B gemessen und daraus die erforderliche Koordinaten-Transformation KT2 ermittelt. Werkstück 1 und Teilkontur 2 sind damit in dem Maschinen-Koordinatensystem angegeben. Die programmierten Verfahrbewegungen der Maschine zur Bearbeitung der Teilkontur 2 können dann vorgenommen werden.

Anhand von Fig. 2 wird als Anwendungsbeispiel des neuen Verfahrens das Einarbeiten einer ellipsenförmigen Kontur in eine erste Seite S1 eines Würfels und von zwei kreisförmigen Vertiefungen in zwei weiteren Seiten S2, S3 beschrieben. Zunächst wird einmal in einem Unterprogramm die kreisförmige Vertiefung relativ zu einem Basis-Koordinatensystem X_B, Y_B, Z_B programmiert. Es werden drei aktuelle Werkstück-Koordinatensysteme $X_{21}, Y_{21}, Z_{21}; X_{22}, Y_{22}, Z_{22}$ und X_{23}, Y_{23}, Z_{23} gebildet, wobei die jeweilige Kontur in die X-/Y-Ebenen eingearbeitet werden. Im Hauptprogramm wird jeweils in das aktuelle Werkstück-Koordinatensystem gewechselt und das Unterprogramm aufgerufen. Die jeweiligen Koordinaten-Transformationen sind aus Einzeltransformationen gekettet. Für die Beschreibung der in die Würfelseite S1 einzuarbeitenden ellipsenförmigen Kontur wird das Unterprogramm eingesetzt, verbunden mit einer Koordinaten-Transformation, der außer der Verschiebung vom Basis-Koordinatensystem zum Koordinatensystem X_{21}, Y_{21}, Z_{21} eine anisotrope Maßstabsänderung vorgenommen wird, d. h., die Y-Richtung erhält einen höheren Gewichtungsfaktor als die X-Richtung, derart, daß die gewünschte elliptische Kontur erreicht wird. Für die Bearbeitung der Seite S2 ist nicht nur eine Verschiebung erforderlich, sondern auch eine Drehung um die Y-Achse. Da die Kontur kreisförmig sein soll, wird für die X- und die Y-Achse ein gleicher Maßstabsfaktor angewandt. Für die Kontur der Seite S3 ist außer einer Verschiebung auch eine Drehung um die Z-Achse und eine weitere Drehung um die gedrehte X-Achse erforderlich.

Als weiterer Anwendungsfall ist in Fig. 3 die Korrektur einer schiefen Aufspannung veranschaulicht. Das Werkstück, im Beispiel ein Würfel, wurde in einem Koordinatensystem "Basis" programmiert, dessen Koordinaten X, Y, Z parallel zu den Kanten des Würfels verlaufen. Nach dem Aufspannen sind jedoch die Achsen der Maschine nicht parallel zu den Würfelkanten ausgerichtet. Durch eine Koordinaten-Transformation, im Beispiel eine dreifache Drehung, liegt das Werkstück bezüglich eines neuen Koordinatensystems "Aufspann" (X', Y', Z') wieder achsparallel, so daß die Programmierung wie im Werkstück-Koordinatensystem erfolgen und damit dasselbe Hauptprogramm eingesetzt werden kann. Die Einstellung der Koordinaten-Transformation zur Berücksichtigung der Verdrehung erfolgt vor dem Start des Bearbeitungsprogramms. Im Hauptprogramm steht nur der Wechsel auf das andere Koordinatensystem, das im Speicher hinterlegt ist und auf das wiederholt zugegriffen wird. Die Koordinaten-Transformation "Aufspann" wird vor Programmstart oder am Programmstart eingestellt, z. B. durch Vermessen des Werkstücks mit Meßrastern. Mit einer solchen Maßnahme wird erreicht, daß die Aufspannzeit bei bereits bearbeiteten Werkstücken erheblich verkürzt werden kann.

Als weiteres Beispiel wird in Fig. 4 die Lösung des

DE 43 26 988 A1

3

sogenannten Palettenproblems gezeigt, bei dem gleichartige Teile (K_1 , K_2 ; K_1' , K_2'), die auf einer Palette aufgespannt sind, bearbeitet werden. Die Geometrie, die auf jedem Teil jeweils zweimal erzeugt werden soll, sei in einem Unterprogramm einmal hinterlegt.

Für die Bearbeitung der verschiedenen Konturen werden folgende Koordinaten-Transformationen durchgeführt:

Für die Kontur K_1 : Vom Basis-Koordinatensystem KSB zum Paletten-Koordinatensystem KSP, von dort zum Teil 1-Koordinatensystem KST1, dann zum Kontur-Koordinatensystem KSK1. Für die Bearbeitung der Kontur K_2 findet eine Transformation vom Teil 1-Koordinatensystem KST1 zum Kontur-Koordinatensystem KSK2 statt. Für die Bearbeitung der Konturen K_1' , K_2' im Teil 2 werden gleiche Transformationen zwischen den Kontur-Koordinatensystemen KSK1', KSK2' und dem Teil 2-Koordinatensystem KST2 wie für die Bearbeitung der Konturen K_1 , K_2 durchgeführt. Lediglich die Transformation zwischen dem Paletten-Koordinatensystem KSP und dem Teil 2-Koordinatensystem KST2 ist unterschiedlich. Jedesmal dann, wenn eine Kontur in Beziehung zum Basis-Koordinatensystem KSB gebracht ist, kann das Unterprogramm zur Bearbeitung der Kontur durchgeführt werden.

Das neue Verfahren kann auch bei Werkzeugwechsel vorteilhaft verwendet werden. Fig. 5 zeigt eine Drehmaschine, deren Werkzeuge W_1 , W_2 sowohl vor als auch hinter der Drehmitte angeordnet sind. Bei einem Wechsel von Werkzeug W_1 auf Werkzeug W_2 wird gleichzeitig die programmierte Kontur gespiegelt, wobei die Spiegelachse wie in Fig. 5 nicht mit einer der Koordinatenachsen zusammenfallen muß. Die Spiegelung ist dazu mit den anderen Werkzeugdaten abgelegt. Es besteht die Möglichkeit zu wählen, ob die Werkzeug-Längenkorrektur mitgespiegelt werden soll oder nicht. Bei jedem Werkzeugwechsel wird eine Spiegelung vorgenommen.

Wie schon erwähnt, können mit der Funktion Maßstabsfaktor die Achsen unterschiedlich gewichtet werden. Dabei können jedoch ein paar Besonderheiten auftreten, die berücksichtigt werden müssen. Wirkt der Maßstabsfaktor auf ein gedrehtes Koordinatensystem, so ist das entstehende Koordinatensystem nicht mehr kartesisch. Fig. 6 zeigt dies an einem Beispiel. Ausgehend von einem Basis-Koordinatensystem X , Y wird zunächst ein um 45° gedrehtes Werkstück-Koordinatensystem X' , Y' definiert (Fig. 6a). Danach wird ein Maßstabsfaktor angewählt, der die Y -Achse mit 2 und die X -Achse mit 1 skaliert. Abhängig davon, in welchem System der Maßstabsfaktor wirkt, sind dann unterschiedliche Auswirkungen zu erkennen. In Bild 6b ist der Fall dargestellt, daß der Maßstabsfaktor im Basis-Koordinatensystem eingerechnet wird, also im ungedrehten System, während in Bild 6c der Maßstabsfaktor im Werkstück-Koordinatensystem wirkt. In Bild 6b wirkt die Drehung auf den Maßstabsfaktor, während in Bild 6c zuerst gedreht und dann skaliert wurde. Man erkennt, daß die Vertauschung von Drehung und Maßstabsfaktor zu unterschiedlichen Ergebnissen führt und daß nicht kartesische Koordinatensysteme entstehen können. Dies kann gewollt sein und macht, solange die Werkzeugorientierung nicht in bezug zum Werkstück eingestellt werden soll, auch keine Probleme. Ist dagegen eine Orientierung zu berücksichtigen, so kann der Maßstabsfaktor nur mit Einschränkungen sinnvoll eingesetzt werden.

Wird die Orientierung des Werkzeugs nicht berück-

4

sichtigt, darf der Maßstabsfaktor ohne Einschränkungen verwendet werden, wobei allerdings nicht kartesische Koordinatensysteme X'' , Y'' entstehen können (Fig. 6b). Wird die Orientierung berücksichtigt, z. B. bei einer 5-Achs-Bearbeitung, so wird die Orientierung des Werkzeugs durch einen anisotropen Maßstabsfaktor ebenfalls beeinflusst. D. h., wenn die Orientierung transformiert wird, ist die Lage des Werkzeugs relativ zur Kontur anders als die programmierte Orientierung. Wird der anisotrope Maßstabsfaktor auch auf die Orientierung eingerechnet, so hat dies zur Folge, daß die Orientierung relativ zum Werkstück verändert und damit unterschiedlich zur programmierten Orientierung ist. Wird der anisotrope Maßstabsfaktor nicht auf die Orientierung (d. h. nur auf das Werkstück) eingerechnet, wird auch die Orientierung relativ zum Werkstück verändert. Die Orientierung kann aber auch unabhängig von der Position transformiert werden, und zwar so, daß die Lage des Werkzeugs relativ zum Werkstück genau der programmierten Orientierung entspricht. Dies bedeutet allerdings, daß Position und Orientierung nicht in einem einzigen Koordinatensystem dargestellt werden können. Dazu müssen dann Position und Orientierung in unterschiedlichen Koordinatensystemen geführt werden.

Anhand von Fig. 7 läßt sich erkennen, wie sich die unterschiedlichen Möglichkeiten auswirken. Das Bild zeigt einen typischen Anwendungsfall aus dem Formenbau, wobei die mit der Form hergestellten Teile aus anisotropen Werkstoffen bestehen, das sind Werkstoffe, die in unterschiedlichen Richtungen unterschiedliche Schrumpfeigenschaften zeigen. Programmiert wird der Konturverlauf im Werkstück-Koordinatensystem X' , Y' . Nach Fertigstellung des Teileprogramms wird ein anisotroper Maßstabsfaktor in Richtung der Anisotropie im Basis-Koordinatensystem X , Y wirkend eingerechnet, womit die Form so verzerrt wird, daß die unterschiedliche Schrumpfung des Werkstoffs ausgeglichen wird. Der Konturverlauf ist in einem Werkstück-Koordinatensystem X'' , Y'' durchgezogen gezeichnet. Mit drei Pfeilen 1, 2, 3 sind dort auch die entsprechend den oben bezeichneten drei Möglichkeiten sich ergebenden Orientierungen veranschaulicht. Das Werkzeug ist ursprünglich im Koordinatensystem X' , Y' senkrecht zu der zu bearbeitenden Oberfläche ausgerichtet. Wird die Werkzeugorientierung nicht in das Koordinatensystem X'' , Y'' transformiert, bleibt die ursprüngliche Orientierung erhalten (Pfeil 2). Der Pfeil 1 zeigt die Orientierung des Werkzeugs, wenn die anisotrope Transformation in gleicher Weise auf das Werkstück und die Orientierung des Werkzeugs wirkt. Soll das Werkzeug auch nach der anisotropen Transformation des Werkstücks senkrecht zu der zu bearbeitenden Fläche ausgerichtet sein (Pfeil 3), muß für das Werkzeug ein eigenes Koordinatensystem geschaffen werden, in welches die Werkzeugorientierung transformiert wird.

Für die sogenannte $2\frac{1}{2}$ -D-Bearbeitung soll im Werkstück-Koordinatensystem jeweils die aktuelle Ebene angewählt werden können. Wenn das Werkstück-Koordinatensystem gedreht wird, wird die Ebene mitgedreht. Es wird dabei immer angenommen, daß, so lange die Werkzeugorientierung nicht explizit anders programmiert wird, das Werkzeug senkrecht zu dieser Ebene steht. Eine Drehung aus der aktuellen Ebene oder Wechsel der aktuellen Ebene kann dazu führen, daß das Werkzeug nicht mehr senkrecht zur aktuellen Ebene orientiert ist und damit die Werkzeugkorrektur falsch berechnet würde. Es ist daher erforderlich, die Werk-

DE 43 26 988 A1

5

6

zeugorientierung entsprechend korrigieren zu können.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Bearbeiten von Werkstücken in 5
numerisch gesteuerte Werkzeugmaschinen auf-
grund von programmierten Verfahrbewegungen
der Maschine, dadurch gekennzeichnet, daß die in
einem auf das Werkstück bezogenen Koordinaten-
systeme angegebenen Verfahrbewegungen der 10
Maschine durch Koordinaten-Transformation in
ein auf die Maschine bezogenes Koordinaten-
system umgesetzt werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekenn-
zeichnet, daß die in mehreren auf das Werkstück 15
bezogenen Koordinatensystemen angegebenen
Verfahrbewegungen der Maschine auf ein Bezugs-
Werkstück-Koordinatensystem umgesetzt werden
und daß die in diesem angegebenen Verfahrbewe- 20
gungen in das auf die Maschine bezogene Koordi-
natensystem umgesetzt werden.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch ge-
kennzeichnet, daß die Verfahrbewegungen in Teil-
programmsätzen angegeben sind und daß mit einem 25
Teileprogrammsatz das jeweils aktuelle Werk-
stück-Koordinatensystem angegeben wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3,
dadurch gekennzeichnet, daß die Koordinaten-
Transformation Verschiebung und/oder Drehung 30
und/oder Spiegelung und/oder Maßstabsänderung
ist.
5. Steuerung für eine Werkzeugmaschine, deren
Verfahrbewegungen aufgrund von programmierten
Anweisungen gesteuert werden, dadurch gekenn- 35
zeichnet, daß die Lage des zu bearbeitenden
Werkstücks bezüglich der Achsen der Maschine
bestimmt wird und daß die Verfahrbewegungen
der Maschine aus in einem auf das Werkstück be-
zogenen Koordinatensystem angegebenen Ver- 40
fahrenanweisungen durch eine Koordinaten-Trans-
formation, die durch Messen der Lage des zu bear-
beitenden Werkstücks bezüglich der Achsen der
Maschine bestimmt wird, ermittelt werden.

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

45

50

55

60

65

ZEICHNUNGEN SEITE 1

Nummer:
Int. Cl.⁸:
Offenlegungstag:

DE 43 26 988 A1
G 05 B 19/402
23. Februar 1995

FIG 1

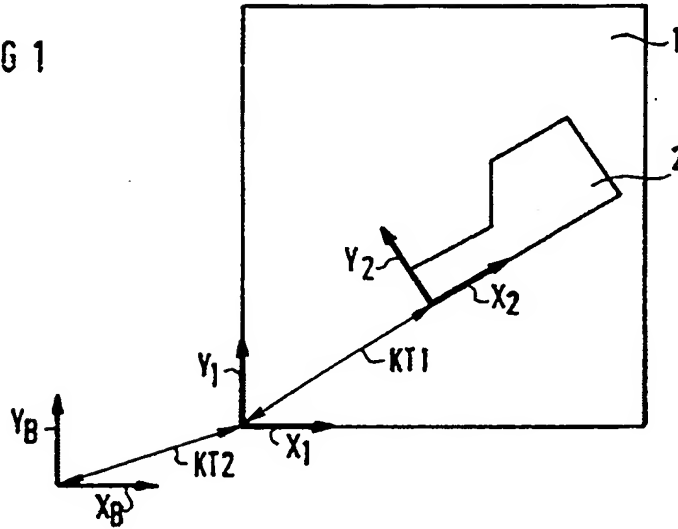
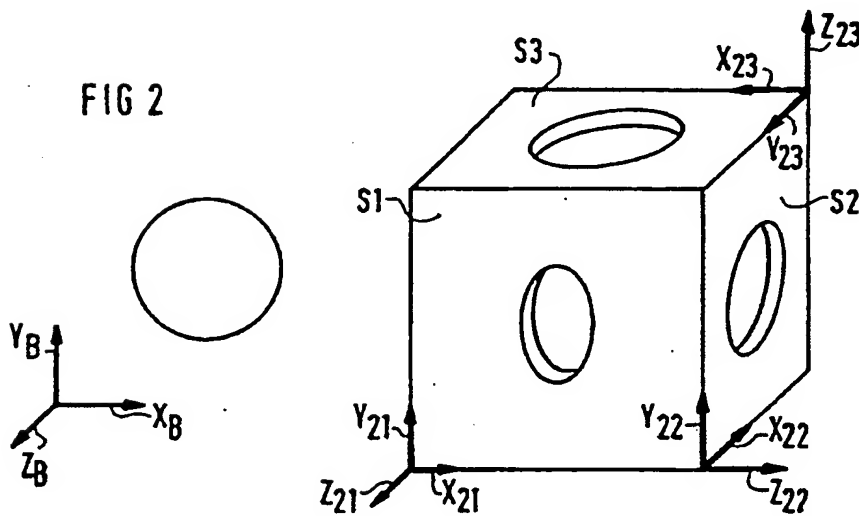


FIG 2



408 068/38

ZEICHNUNGEN SEITE 2

Nummer:

DE 43 26 988 A1

Int. Cl.⁸:

G 05 B 19/402

Offenlegungstag:

23. Februar 1995

FIG 3

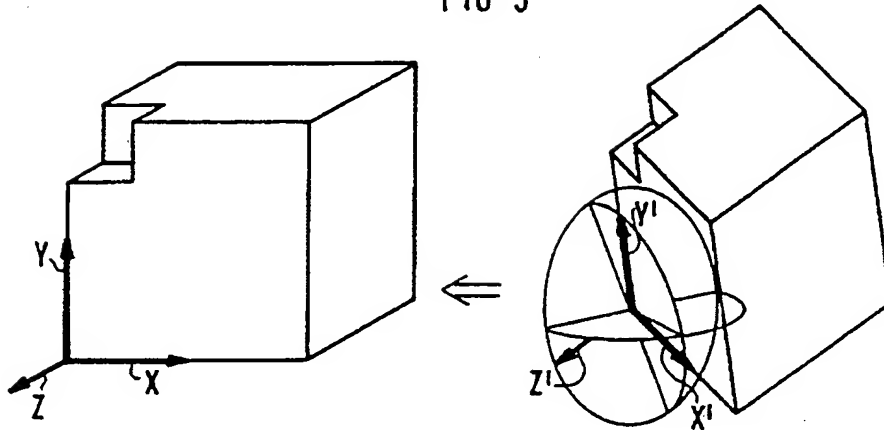
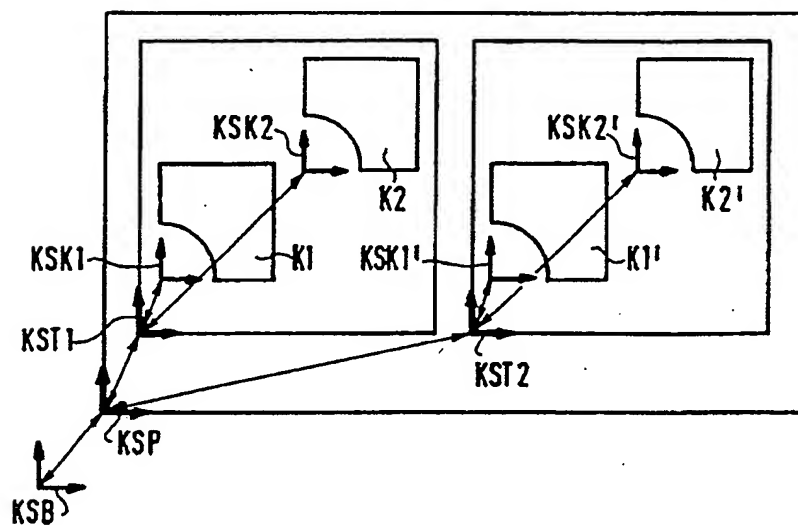


FIG 4



408 068/38

ZEICHNUNGEN SEITE 3

Nummer:
Int. Cl. 8:
Offenlegungstag:

DE 43 26 988 A1
G 05 B 19/402
23. Februar 1995

FIG 5

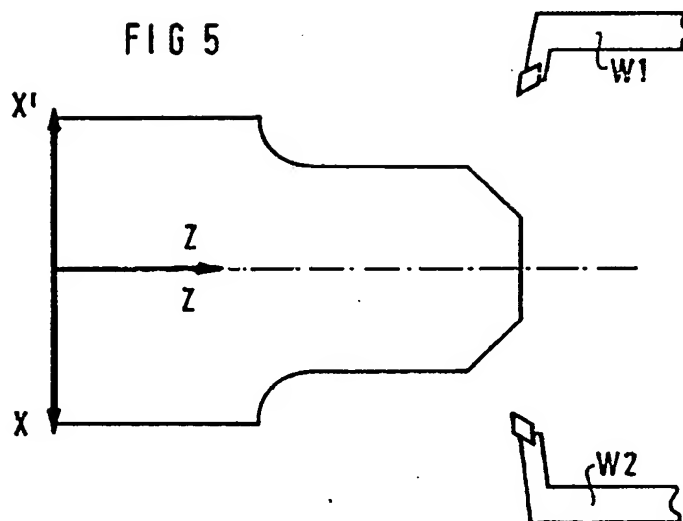
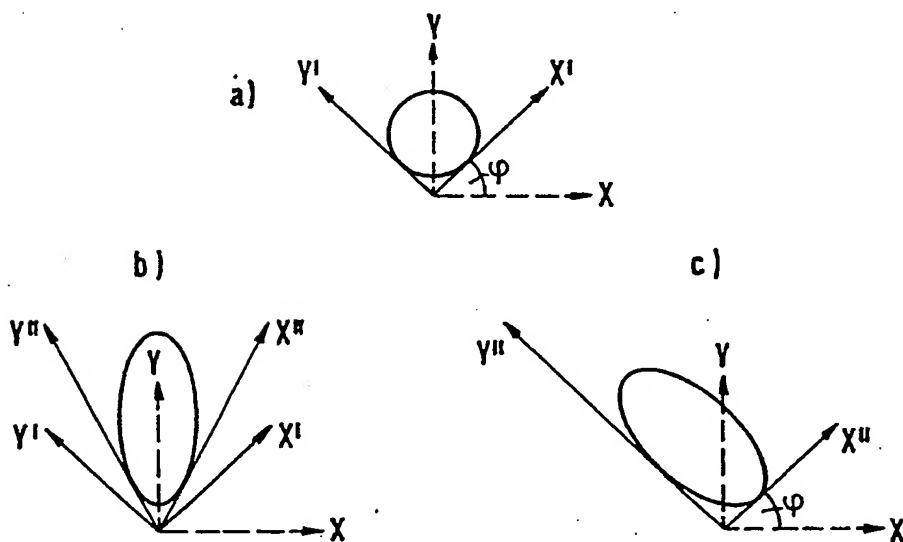


FIG 6



408 068/38

ZEICHNUNGEN SEITE 4

Nummer:

DE 43 26 988 A1

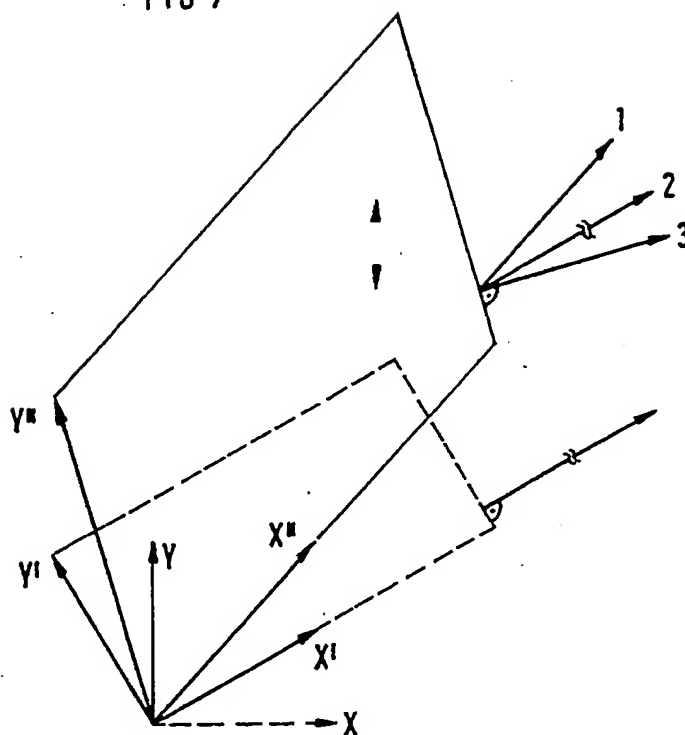
Int. Cl. 6:

G 05 B 19/402

Offenlegungstag:

23. Februar 1995

FIG 7



408 088/38